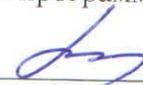


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


Н.М. Труфанова
д.т.н., профессор, зав кафедры КТЭ

« 19 » « 05 » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы»
по программе аспирантуры
«Технологическая механика полимерных жидкостей»**

Научная специальность	1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра: Экзамен: 5 Зачет:	Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)".
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)".
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета.
- Базовый план по программе аспирантуры.
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области механики жидкости, газа и плазмы.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «механика жидкости, газа и плазмы» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

1.1. Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

1.2. Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные методы дифференциального и интегрального исчислений, применяемые при решении задач механики жидкости и газа.
- физические основы массопереноса.
- элементы математической теории нестационарного массопереноса.
- решение важнейших задач для идеальной, линейно-вязкой (ньютоновской) и неньютоновской жидкостей.
- основные классы задач при движении сжимаемой жидкости

Уметь:

- применять методы дифференциального и интегрального исчислений, при решении задач механики жидкости и газа.
- исследовать различные процессы движения жидкости.
- применять методы решения задач с фазовыми переходами.

Владеть:

- методами математического моделирования.
- методами измерения реологических кривых.

– навыками реализации численных методов на ЭВМ.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч		
			5 семестр	
1	Аудиторная работа		20	
	В том числе:			
	Лекции (Л)		5	
	Практические занятия (ПЗ)		6	
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)		9	
	Самостоятельная работа (СР)		88	
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен		36	
	Форма итогового контроля:		экзамен	

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1.

(Л-5, ПЗ –6 , СР –88)

Тема 1. Вводные положения. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

Тема 2. Кинематика сплошных сред. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.

Тема 3. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил.

Тема 4. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

Тема 5. Модели жидких и газообразных сред. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости. Реологические законы нелинейно-вязких жидкостей. Подходы к решению задач течения с учетом реологических особенностей среды. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в каналах. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Свободная и вынужденная конвекция.

Тема 6. Теория пограничного слоя. Турбулентность. Ламинарный пограничный слой. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Кинематика сплошной среды	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Динамика и термодинамика в механике жидкости	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Реологические модели жидких сред	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

		Возникновение вихрей.		
3	3	Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий
4	4	Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
5	5	Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей..	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
6	6	Ламинарный пограничный слой. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре ; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Дрофа, 2003.	112
2	Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000	17
3	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.	5
4	Гидродинамика : пер. с англ. / Г. Ламб ; Пер. А. В. Гермогенова, В. А. Кудрявцева; Под ред. Н. А. Слезкина .— Москва ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2003.	2
5	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986	2
6	Аналитические методы механики сплошной среды : учебное пособие для вузов / В.В. Селиванов, В.С. Зарубин, В.Н. Ионов .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994 .— 383 с. : ил. — Библиогр.: с. 381-382.	3
7	Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. – М.: МЭИ, 2000 – 374с	5
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Математические модели механики и электродинамики сплошной среды / В. С. Зарубин, Г. Н. Кувыркин ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 .— 511 с.,	3
2	Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. I .- М.: Наука, 1985. – 464с	
3	Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. – М.: МЭИ, 2000 – 374с	
4	Вычислительная механика сплошных сред / В. Н. Кукуджанов ; Российская академия наук; Институт проблем механики .— М. : Физматлит, 2008 .— 320 с. : ил. — (Механика и ее приложения в технике и технологии) .— Библиогр.: с. 317-320.	5
2.2 Периодические издания		
1	<i>Вычислительная механика сплошных сред</i>	http://www2.icmm.ru/journal/
2	<i>Вестник ПНИПУ. Механика</i>	http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/
3	Журнал «Инженерно-физический журнал» 2005-2011 гг.	
4	Журнал «Прикладная механика и техническая физика» (2004-2009 гг.).	
2.3 Нормативно-технические издания		
	<i>не предусмотрено</i>	
2.4 Официальные издания		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре ; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	не предусмотрено	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / [Электрон. б-ка дис.](#) – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	17	Оперативное управление	202, корп. А
2	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	20	Оперативное управление	307, корп. А

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

• Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена по дисциплине, в устной-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

• Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.
4	Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство

Оценка	Критерии оценивания
	<p>дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности.
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Разработать математическую модель течения вязкого полимера в канале экструдера.
2. Сделать постановку задачи течения и теплообмена в плоском канале для адиабатических граничных условий.
3. Определить влияние диссипативного источника тепла на параметры течения вязкой жидкости (течение в трубе).

Типовые контрольные задания:

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
3. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «КТЭ».

Программа

Технологическая механика полимерных жидкостей

Кафедра

Конструирование и технологии в электротехнике

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

«Механика жидкости, газа и плазмы»

БИЛЕТ № 1

1. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
2. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы
3. Задача о течении Пуазейля в коаксиальном зазоре.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Труфанова Н.М.

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		